



ALGUNAS CARACTERÍSTICAS GEOQUÍMICAS Y PETROGRÁFICAS DE MUESTRAS DE SEDIMENTOS
DE LA DORSAL DE CHILE, FRENTE A LA PENINSULA DE TAITAO (CHILE).

Alfaro, G.*; Frutos, J.*; Amstutz, C.** y Schmidt, S.**

RESUMEN

Se presentan los resultados del estudio geoquímico y petrográfico de sedimentos y fragmentos de rocas de la Dorsal de Chile, frente a la Península de Taitao.

El análisis químico de las muestras de sedimentos (elementos mayores y trazas) puede considerarse normal, aunque el contenido de SiO_2 es superior al promedio. Dos muestras tienen valores anómalos de cobre (162 y 138 ppm respectivamente, \bar{x} =51 y d.e.=28). El Fe_2O_3 tiene buena correlación positiva con MnO ($r=0.84$), MgO ($r=0.92$) y TiO_2 ($r=0.96$) y buena correlación negativa con SiO_2 ($r=-0.84$).

Las determinaciones microscópicas y con microsonda electrónica en fragmentos de rocas obtenidas en cuatro muestras indican una composición basáltico olivínica a tholeiita-olivínica. Framboides de pirita y cristales de calcopirita fueron identificados en las rocas.

ABSTRACT

The results of the geochemistry and petrography of the sediments and rock fragments from the Chile Ridge near the Taitao Peninsula are presented.

The chemical analysis of the sediments samples, compared with those of other world places, show similar contents of major elements. Two samples have relatively high values of Cu (162 and 138 ppm respectively with \bar{x} =51 and $S=28$). The Fe_2O_3 shows good positive correlation with MnO ($r=0.84$), MgO ($r=0.92$) and TiO_2 ($R=0.96$) and good negative correlation with SiO_2 ($r=0.84$).

* Instituto GEA, Universidad de Concepción, Concepción, Chile.

** Mineralogisch-Petrographisches Institut der Universität Heidelberg, Alemania.

The studies with microscope and electroprobe micro-analyzer of the rocks fragments from 4 samples, allow to classify them as olivine basalt and tholeiitic olivine basalt. Framboids of pyrite and chalcopyrite crystals were identified into rocks clasts.

INTRODUCCION

En 1982 se efectuó el crucero científico R/V Robert Conrad 23-06 del Lamont-Doherty Geological Observatory, Universidad de Columbia, Estados Unidos, cuyo objetivo fue estudiar la naturaleza e historia de la triple unión entre las placas de Nazca, Antártica y América del Sur y determinar las características geofísicas de la zona contigua a la Península de Taitao (Fig.1). Muestras de la Dorsal de Chile obtenidas de esa expedición han podido ser estudiadas entregándose en este trabajo sus resultados iniciales.

La investigación se hizo mediante detallados perfiles batimétricos, gravimétricos y magnéticos y la determinación del flujo calórico en el fondo oceánico.

Inmediatamente al norte de la triple unión, un centro de expansión activo caracterizado por un valle axial, limita la pared interior de la fosa.

La velocidad de expansión ha cambiado irregularmente desde 56mm/año hace 5m.a. a 28mm/año en los pasados 700.000 años (Herron et al., 1981).

Los valores de flujo calórico del fondo oceánico varían entre 0,6 y 9,9 HFU (Heat Flow Unit, $1\text{HFU}=10^{-6}$ cal.seg. $^{-1}$.cm $^{-2}$). Los valores mayores se observan próximo a la fosa, lo cual refleja tanto la proximidad del eje de la dorsal, como el potente paquete de sedimentos depositados sobre corteza oceánica joven (Cande et al., 1982).

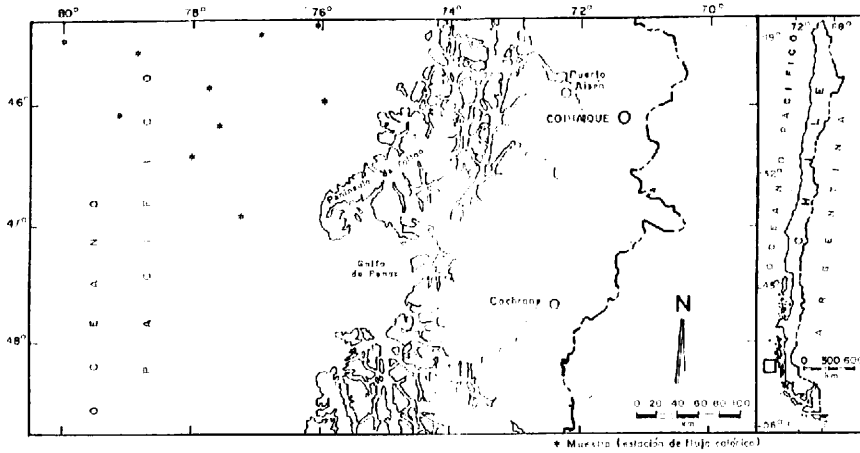


Fig. Mapa de Ubicación

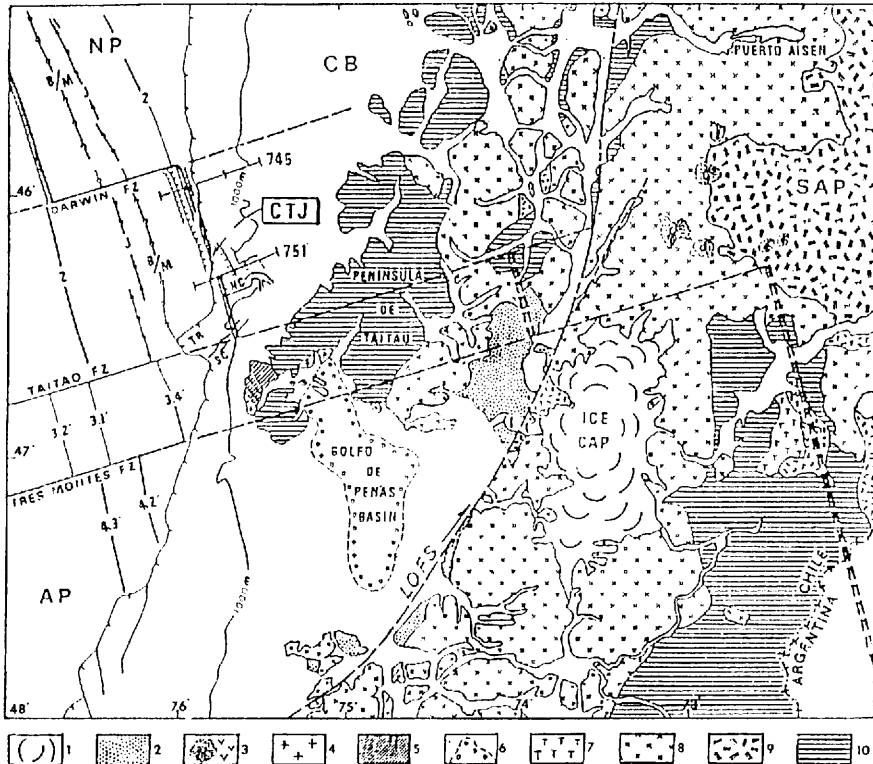


FIG.2 Esquema estructural de la región del punto triple de Chile (tomado de Bourgeois J. et al, 1992).

1. Glaciares; 2. Sedimentos Pleistoceno-Reciente; 3. Andesitas y Volcanismos Cuaternarios; 4. Intrusión Plio-Cuaternaria; 5. Complejo Ofiolítico-Plio-Cuaternario de Taitao; 6. Cuenca Terciaria del golfo de Menas; 7. Sedimentos terciarios; 8. Batolito costero Patagónico (Jurásico Cretácico y Terciario); 9. Rocas Volcánicas y Volcano-sedimentarias Mesozoicas; 10. Zócalo Pre-Jurásico Mesozoico. AP: Placa Antártica; NP: Placa de Nasca; SAP: Placa Sudamericana; CB: Bloque Chiloe; CTJ: Punto triple de Chile; TR: Dorsal de Taitao; NC: Cañón Norte; SC: Cañón Sur; L.O.F.S.: Falla Liquiñe-Ofqui.

La posibilidad de existir algún sistema hidrotermal activo asociado al valle axial, podría ser detectado mediante estudios geoquímicos y petrográficos de los sedimentos y rocas depositadas en el fondo oceánico contiguo a la Dorsal de Chile. Este fenómeno es investigado en el presente trabajo.

MARCO GEOLOGICO-TECTONICO

La zona de Taitao en la costa del Sur de Chile es uno de los lugares de la tierra que presenta mejores condiciones para estudiar los fenómenos geológicos relacionados con la colisión de una dorsal de expansión oceánica activa, como es la Dorsal de Chile, y un margen continental.

En la cercanía de punto triple, la Dorsal de Chile está estructurada en cortos segmentos con una dirección N16°O, separados por una serie de fracturas que de norte a sur se han definido como las zonas de fracturas: Guamblin, Darwin, Taitao y Tres Montes. Todas estas estructuras aparecen muy bien definidas por la ubicación de la sismicidad asociada, apareciendo la mayor concentración sísmica asociada al eje de la dorsal misma, a la fosa al norte del punto triple y a la actividad del sistema de fallamiento transcurrente Liquiñe-Ofqui (Bourgeois, J. et al., 1993).

La velocidad promedio de expansión en la Dorsal de Chile se calcula en aproximadamente 70 km/Ma para los últimos 5 Ma (Herron et al, 1981). (Fig.2).

GEOQUIMICA DE LOS SEDIMENTOS

- Composición química de los sedimentos:

En el Anexo 1 se indica el contenido de elementos mayores en los sedimentos y la Tabla 1 consigna la media, varianza, desviación standard, sesgo y curtosis.

Los elementos presentan pequeños rangos de zonación, con excepción del SiO₂ y MnO₂ (r=0.96) indican la influencia de minerales ferromagnesianos y posiblemente de ilmenita en la composición de los sedimentos (Tabla 2).

TABLA 1

Estadísticos básicos de los elementos mayores.

	\bar{X}	d.e.
SiO ₂	59,27	3,71
Fe ₂ O ₃	5,82	0,82
TiO ₂	0,81	0,09
MnO	0,08	0,15
MgO	2,64	0,47
CaO	4,93	1,33
Na ₂ O	3,53	0,29
Al ₂ O ₃	14,44	0,91

TABLA 2

Matriz de correlación de los elementos mayores.

	SiO ₂	Fe ₂ O ₃	TiO ₂	MnO	MgO	CaO	Na ₂ O	Al ₂ O ₃
SiO ₂	1							
Fe ₂ O ₃	-0,84	1						
TiO ₂	-0,76	0,96	1					
MnO	-0,60	0,84	0,83	1				
MgO	-0,87	0,92	0,87	0,76	1			
CaO	-0,41	0,14	0,07	0,019	0,29	1		
Na ₂ O	-0,68	0,57	0,50	0,16	0,54	0,11	1	
Al ₂ O ₃	-0,51	0,28	0,26	0,09	0,61	-0,10	-0,02	1

- Petrografía y geoquímica de fragmentos líticos.

En las muestras 23-5-50; 23-1-30; 23-1-300 y RC-A se separaron fragmentos de roca mayores que 0,5 cm en los cuales se hicieron determinaciones microscópicas y químicas.

En las muestras de roca 23-5-50 y RC-A muy similares, se identificaron los siguientes elementos:

- Fragmentos vitreos con fenocristales de plagioclasas.
- Fragmentos negros con fenocristales de feldespatos y olivino.

En el primer tipo, los fenocristales de feldespato varían entre el 5 y 25% del total. Son euhedrales a subhedrales y su tamaño alcanza a 2 mm. Normalmente ellos están rodeados por un material vítreo café oscuro (Fig.3). El análisis mediante EPMA indica una composición variable entre An₈₀ y An₈₆. El olivino es menos abundante que el feldespato (alcanza hasta 3%). Es euhedral a subhedral, tiene hasta 180μ y habitualmente

muestra rasgos de corrosión. Su composición varía entre $Fa_{13,5}$ y $Fa_{14,5}$. El vidrio es verde claro sin productos de alteración. Algunos fragmentos muestran zonas verde oscuras con microlitos de feldespatos, cuarzo y olivino. La masa fundamental de este tipo de fragmentos es anisótropa y tiene como composición similar que el vidrio claro.

El segundo tipo tiene fenocristales de feldespatos que alcanzan el 8% en volumen y su tamaño llega a 600 μ . Algunos de ellos tienen zonación cuya composición varía entre An_{74} y An_{82} . El olivino es escaso, coloreado, con composición $Fa_{18,5}$. La masa fundamental es café oscura a negra con zeolitización incipiente.

La muestra 23-1-300 tiene fragmentos comparables a los tipos identificados en las muestras 23-5-50 y RC-A. Hay fragmentos vesiculares con olivino y feldespato; la composición de estos minerales es similar al de las otras muestras. Un fragmento de roca tiene piritita framboidal, la cual aparece aislada (Fig.4) o como delgadas bandas compuestas por varios individuos (Figs.5 y 6). La roca en que se encuentran los framboides no está bien identificada. En muchos aspectos es similar al material verde oscuro de las muestras 23-3-50 y RC-A. Feldespato y olivino delgados, aciculares en una masa fundamental isotropa da la impresión de una lava con cristales pequeños, parcialmente alterada; también se puede interpretar como sedimentos intercalados entre coladas de lava o depositados en fracturas de enfriamiento. Esta última idea está apoyada por el nítido contacto entre la lava vítrea y la masa fundamental parcialmente isotropa con delgados cristales de feldespato, cuarzo y posiblemente olivino. La muestra 23-2-50 tiene fragmentos como el descrito, además de fragmentos con feldespato y olivino, sin vidrio. Asociado a este tipo se identificó piritita, calcopiritita, magnetita y hematita (Figs. 7 y 8), cuya composición se indica en la Tabla 3.

La muestra 23-1-30 tiene fragmentos similares a los encontrados en la 23-2-50, la olivina alcanza a 800 μ , tiene composición variable entre Fa_{14} y Fa_{18} y muestra una débil tendencia a enriquecerse en hierro hacia los bordes.

CONCLUSIONES

En base a los análisis realizados se puede concluir lo siguiente:

- Los contenidos de elementos mayores pueden considerarse normales para sedimentos de fondos marinos, aunque los valores de SiO_2 son levemente superiores al promedio (p.ej. la muestra RC-D) tiene 70,8% de SiO_2 . La buena correlación positiva de Fe_2O_3 con MnO ($r=0,84$), MgO ($r=0,92$) y TiO_2 ($r=0,96$) y buena correlación negativa con SiO_2 ($r=-0,84$) es normal para los sedimentos oceánicos en ambiente volcánico. Dos muestras tienen valores anómalos de Cu (162 y 138ppm, respectivamente, $\bar{x}=51$ y d.e.=28).

- Cuatro tipos de rocas fueron determinados en las muestras:

- . Fragmentos con vidrio y fenocristales de feldespato y olivino;
- . Fragmentos con olivino y ocasionalmente feldespato en una masa fundamental con microlitos;
- . Fragmentos sin vidrio, con olivino y feldespato, con textura intersticial;
- . Fragmentos con cristales pequeños de feldespato, cuarzo y posiblemente olivino en una masa fundamental vítrea.

Las observaciones microscópicas y mediante microsonda electrónica del feldespato, olivino y vidrio indican una composición de tipo basáltico olivínico a tholeiítico-olivínico.

En todos los tipos de rocas se identificaron sulfuros y óxidos metálicos.

AGRADECIMIENTOS

Las determinaciones mediante AAS de elementos mayores fueron hechos por la Srta. Miriam Oliva del Instituto GEA de la Universidad de Concepción. El Dr. Gerhard Hoecker del Mineralogisch-Petrographisches Institut de la Universidad de Heidelberg, Alemania, efectuó determinaciones de elementos mayores y trazas mediante FRX. Los autores agradecen a ambos su cooperación. El Lamont-Doherty Geological Observatory de la Universidad de Columbia, Estados Unidos aportó las muestras y el Dr. S. Cande, científico-jefe del crucero RC-23-06 invitó a participar a uno de los autores (G.A.).

TABLA 3

Composición Química en Sulfuros y Óxidos mediante EPM (Muestra 23-3-50)

Posición	a	b	c	d	e	f
S	34.59	35.72	34.79	34.83	34.92	34.44
Fe	29.42	30.16	29.67	29.97	29.38	29.82
Cu	33.71	34.35	33.19	33.98	33.07	34.73
Ag	14	14	10	14	25	13
As	0.00	0.67	0.00	1.6	0.77	0.00
TOTAL	97.86	100.85	97.55	99.98	98.79	99.06

ANEXO 1 : ANALISIS QUIMICO DE LOS SEDIMENTOS

HUESTRA	SiO ₂	Fe ₂ O ₃	TiO ₂	MnO	MgO	CaO	Na ₂ O	Al ₂ O ₃	Cr	Pb	Zn	Ni	Co	Rb	Sr	Zr
23-1-50	50.74	4.73	0.67	0.05	1.97	1.40	3.11	13.54	139	63	32	20	17	110	140	151
23-1-100	58.61	5.94	0.82	0.09	2.66	5.24	3.16	14.61	34	31	46	22	8	87	718	176
23-2-TOP ^a	56.10	6.11	-	0.06	-	2.76	-	14.10	65	-	137	-	-	-	-	-
23-2-30	56.84	6.01	0.81	0.05	2.86	4.56	4.19	14.04	106	31	59	26	11	89	589	165
23-2-50	57.22	6.02	0.82	0.09	2.85	4.62	4.09	14.13	45	35	69	22	10	121	467	195
23-2-100 ^a	62.80	4.50	-	0.05	-	3.75	-	12.40	35	-	72	12	14	-	-	-
23-2-150	57.38	5.88	0.80	0.09	2.93	5.50	3.41	14.22	40	27	45	34	16	89	647	173
23-2-200	58.63	5.65	0.80	0.09	2.89	5.77	3.47	14.35	52	29	66	29	12	57	483	181
23-2-250	57.06	5.50	0.72	0.09	2.38	7.60	3.23	14.11	55	28	46	32	11	86	627	169
23-2-300	62.88	5.59	0.83	0.08	2.19	2.37	3.23	15.63	47	-	93	38	14	-	-	-
23-2-350	58.05	6.54	0.89	0.11	3.07	4.36	3.87	15.23	29	-	109	12	14	-	-	-
23-3-TOP	53.71	5.68	0.78	0.08	2.44	5.55	3.47	14.07	58	31	63	21	8	81	632	186
23-3-50	58.21	6.37	0.84	0.08	2.60	3.08	3.30	16.10	42	41	76	18	16	127	377	168
23-3-100	68.19	4.04	0.60	0.06	1.76	4.33	3.15	12.75	20	32	34	18	6	73	588	208
23-3-150	60.64	5.91	0.93	0.09	2.44	3.05	3.12	15.84	37	38	68	15	10	105	-	-
23-3-200	59.64	5.51	0.85	0.09	2.64	3.54	3.27	15.88	34	35	68	18	14	114	557	184
23-3-300	59.89	5.59	0.77	0.09	2.53	4.76	3.35	14.44	79	33	61	23	11	57	510	165
23-4-TOP ^a	56.70	6.40	-	0.07	-	2.51	-	15.22	37	-	88	12	14	-	-	-
23-4-50	56.09	6.41	0.87	0.09	2.33	3.13	3.66	14.76	28	32	68	23	21	87	705	163
23-4-100	57.78	6.25	0.88	0.09	2.85	4.24	4.09	14.66	70	28	70	26	9	77	612	171
23-4-150	57.74	6.44	0.89	0.08	2.93	4.42	3.81	14.75	162	29	73	21	15	81	560	163
23-4-200	57.75	5.38	0.89	0.08	2.93	4.06	3.85	14.89	64	28	70	16	7	82	513	163
23-4-250	57.55	6.28	0.87	0.08	2.91	4.85	3.57	14.66	11	24	18	15	17	77	596	167
23-4-350	56.62	6.51	0.87	0.09	2.91	4.79	3.73	14.84	77	32	95	22	13	81	522	170
23-5-TOP ^a	58.6	5.66	-	0.063	-	2.56	-	13.80	41	-	76	12	12	-	-	-
23-5-50	54.73	7.27	1.04	0.11	4.29	6.97	3.53	15.61	36	20	40	54	18	52	421	132
23-6-TOP ^a	55.5	4.52	-	0.05	-	5.12	-	17.10	33	-	94	37	24	-	-	-
23-6-50	57.28	5.27	0.75	0.07	2.73	7.18	3.38	13.67	61	26	56	36	8	84	657	157
23-6-100	57.82	5.21	0.73	0.07	2.57	6.92	3.41	13.76	33	28	52	30	11	84	722	188
23-6-200	62.89	5.11	0.76	0.09	2.18	5.60	3.35	14.13	37	31	47	21	7	75	620	224
23-6-250	63.40	5.17	0.74	0.09	2.33	3.97	3.04	14.63	32	33	40	21	15	91	588	213
23-7-TOP ^a	66.9	5.01	-	0.055	-	2.91	-	14.1	20	66	-	12	14	-	-	-
23-7-50	62.13	5.13	0.77	0.08	2.27	4.67	3.57	15.40	43	34	55	20	9	75	595	188
23-7-100	66.99	4.56	0.69	0.07	1.95	3.32	3.44	13.24	47	29	55	10	9	53	462	206
23-8-TOP ^a	59.8	5.30	-	0.061	-	3.01	-	13.5	33	79	-	12	14	-	-	-
23-8-50	58.38	5.61	0.89	0.11	3.09	4.36	3.69	15.10	75	32	66	24	18	81	496	174
23-8-100	56.54	5.87	0.83	0.09	2.65	5.32	4.17	13.58	52	35	53	23	8	77	634	157
23-8-150	69.14	3.93	0.64	0.07	1.77	3.63	3.42	12.86	34	36	39	15	3	63	525	212
23-8-200	57.11	5.21	0.85	0.09	2.54	5.50	3.87	13.57	14	31	25	29	12	67	659	167
23-8-250	57.52	5.66	0.85	0.09	2.60	5.48	3.72	13.59	54	31	57	28	6	72	627	179
23-8-350	58.36	5.95	0.84	0.09	2.71	4.29	3.79	14.20	78	32	61	24	11	79	592	175
23-9-50	60.29	5.66	0.81	0.08	2.35	6.40	3.42	14.26	41	34	56	20	8	57	628	185
23-9-100	57.27	6.51	0.91	0.100	2.80	6.42	3.51	15.13	60	29	73	25	13	64	623	172
23-9-150	56.36	6.73	0.91	0.10	2.98	6.29	3.69	15.31	42	28	69	23	16	71	567	171
23-9-200 ^a	52.6	6.31	-	0.052	-	4.36	-	13.80	29	-	71	13	14	-	-	-
23-9-250	55.54	6.99	0.96	0.13	3.25	5.34	3.68	15.24	53	36	67	17	15	74	580	158
23-9-350	55.09	6.60	0.90	0.11	2.97	5.16	3.43	14.27	31	31	86	23	16	76	531	169

REFERENCIAS

BURGOIS, J.; LAGABRIELLE, J.; LE MOIGNE, J.; URBINA, O.; JAMIN, M. CH.; BENJART, P. 1993, Preliminary results of a field study of the Taitao ophiolite (Southern Chile): Implications for the evolution of the Chile Triple function. *Ophiolite* 18(2) 113-129(1993).

CANDE, S.C., HERRON, E.H. and HALL, B.R. 1982. The early Cenozoic tectonic history of the Southeast Pacific. *Earth and Planetary Sc. Let.* 57:63-74.

HERRON, E.H.; CANDE, S.C. and HALL, B.R. 1981. An active Spreading center collides with a subduction zone. A geographical survey of the Chile Margin Triple Joint. *Geol. Soc. of America - Memoir* 154, p. 683-701.

ROBINSON, P. 1980. Determination of Calcium, magnesium, manganese, strontium, sodium and iron in the Carbonate fraction of limestones and dolomites. *Chemical Geology* 28:135-136.

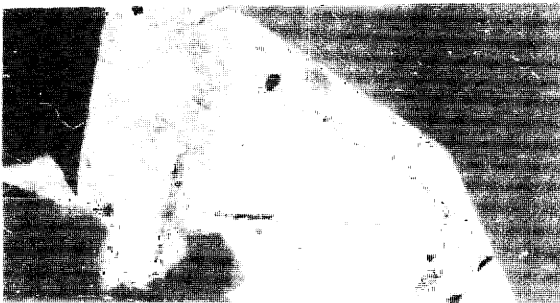


Fig. 3. Bitownita zonada en vidrio café oscuro. Composición $Al_{74}Fe_{26}$ (muestra 23-5-30). Longitud horizontal: 500 u.

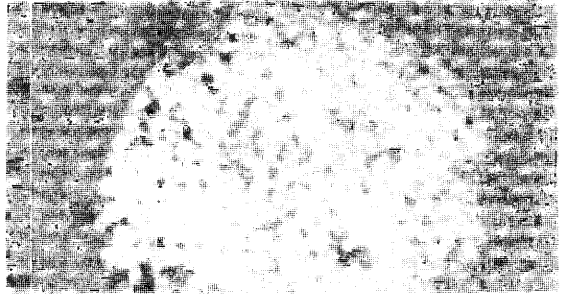


Fig. 4. Pirita framboidal (muestra 23-1-300). Nucleos paralelos, long. horizontal: 107 u.



Fig. 5. Pirita framboidal en capas (muestra 23-1-300). Nucleos paralelos, inmersión en aceite. Longitud horizontal: 400 u.

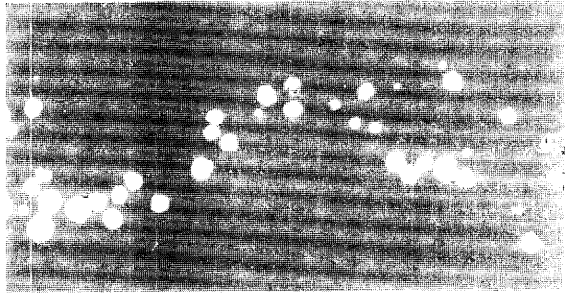


Fig. 6. Pirita framboidal en capas (muestra 23-1-300). Nucleos paralelos, inmersión en aceite, longitud horizontal: 60 u.

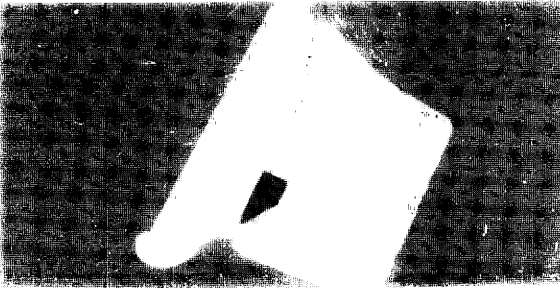


Fig. 7. Pirita (tabular) y calcopirita (alargada) (muestra 23-2-350). Nucleos paralelos, inmersión en aceite. Longitud horizontal: 60 u.



Fig. 8. Magnetita (muestra 23-2-350). Nucleos paralelos, inmersión en aceite. Longitud horizontal: 60 u.